

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-277919

(43)Date of publication of application : 02.10.2003

(51)Int.Cl. C23C 14/28  
C23C 14/24

(21)Application number : 2002-078149 (71)Applicant : TOYOTA CENTRAL RES &amp; DEV LAB INC

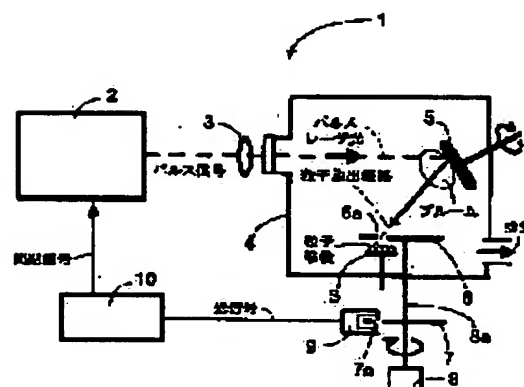
(22)Date of filing : 20.03.2002 (72)Inventor : FUKUSHIMA HIDEOKI  
AZUMA HIROZUMI  
ITO TADASHI  
TAKEUCHI AKIHIRO  
KAMIYA NOBUO

## (54) LASER ABLATION METHOD AND DEVICE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a laser ablation method and device that can surely collect micro-grains as well as removing coarse grains.

SOLUTION: A first rotary plate 6 is rotatably driven which is arranged opposite to a substrate S for collecting grains and which is provided with a slit 6a for allowing grains to pass, while a pulsed laser beam is generated from a laser beam source 2 in synchronization with the rotation of the first rotary plate 6. The target 5 arranged on the side opposite from the substrate S with the first rotary plate in-between is irradiated by the laser beam and made to release the grains. With the slit 6a of the first rotary plate 6 traversing a grain release route from the target 5 to the substrate S, the released grains in a prescribed speed range are passed through the slit 6a, so that the released grains are selectively collected with the substrate S.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 10.06.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2003-277919  
(P2003-277919A)

(43)公開日 平成15年10月2日(2003.10.2)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

C 2 3 C 14/28  
14/24

識別記号

F I

C 2 3 C 14/28  
14/24

テマコード\*(参考)

4 K 0 2 9  
G

審査請求 未請求 請求項の数8 OL (全 9 頁)

(21)出願番号 特願2002-78149(P2002-78149)

(22)出願日 平成14年3月20日(2002.3.20)

(71)出願人 000003609

株式会社豊田中央研究所  
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1

(72)発明者 福島 英冲

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内

(72)発明者 東 博純

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内

(74)代理人 100081776

弁理士 大川 宏

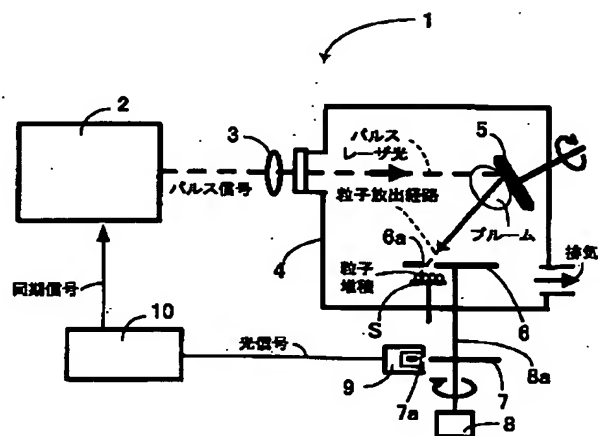
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 レーザアブレーション方法及び装置

(57)【要約】

【課題】 粗大粒子を除去するとともに微細粒子を確実に捕集することができるレーザアブレーション方法及び装置を提供する。

【解決手段】 粒子を捕集する基板Sに対向配置されるとともに、粒子の通過を許容するスリット6aを有する第1回転板6を回転駆動し、第1回転板6の回転に同期してレーザ光源2よりパルス状のレーザ光を発生させ、第1回転板6を挟んで基板Sとは反対側に配置されたターゲット5にレーザ光を照射して粒子を放出させ、第1回転板6のスリット6aが、ターゲット5より基板Sに至る粒子放出経路を横切る間に、所定速度範囲の放出粒子をスリット6aへ通過させることにより、放出粒子を基板Sにて選択的に捕集する。



**【特許請求の範囲】**

【請求項 1】 ターゲットにレーザ光を照射することにより粒子を捕集部材に向かって放出させるとともに、レーザ光照射後の所定期間内は前記放出粒子の前記捕集部材への到達を許容し、且つ前記所定期間外はその到達を阻止することにより、所定速度範囲の放出粒子を前記捕集部材にて選択的に捕集することを特徴とするレーザアブレーション方法。

【請求項 2】 粒子を捕集する捕集部材に対向配置されるとともに、前記粒子の通過を許容する通過部を有する可動部材を駆動し、その可動部材の運動に同期してレーザ光源よりパルス状のレーザ光を発生させ、前記可動部材を挟んで前記捕集部材とは反対側に配置されたターゲットにレーザ光を照射して粒子を放出させ、前記可動部材の前記通過部が、前記ターゲットより前記捕集部材に至る粒子放出経路を横切る間に、所定速度範囲の放出粒子を前記通過部へ通過させることにより、前記放出粒子を前記捕集部材にて選択的に捕集することを特徴とするレーザアブレーション方法。

【請求項 3】 前記可動部材として、駆動源により回転駆動され、且つスリットが形成された回転板を用い、その回転板の回転に同期してレーザ光源よりパルス状のレーザ光を発生させ、前記回転板の回転により前記スリットが前記粒子放出経路を横切る間に、所定速度範囲の放出粒子を前記スリットへ通過させることを特徴とする請求項 2 に記載のレーザアブレーション方法。

【請求項 4】 捕集対象の粒子の大きさに応じて、前記レーザ光源におけるレーザ光発生と前記回転板における前記スリットの前記粒子放出経路の横断とのタイミングを設定したことを特徴とする請求項 3 に記載のレーザアブレーション方法。

【請求項 5】 前記レーザ光源におけるレーザ光発生と前記回転板における前記スリットの前記粒子放出経路の横断とを同期させたことを特徴とする請求項 4 に記載のレーザアブレーション方法。

【請求項 6】 前記回転板のスリットへ粒径約 100 nm 以下の超微粒子のみを選択的に通過させるように、前記レーザ光源におけるレーザ光発生と前記回転板における前記スリットの前記粒子放出経路の横断とのタイミングを設定したことを特徴とする請求項 3 乃至 5 のいずれかに記載のレーザアブレーション方法。

【請求項 7】 駆動源により駆動され且つ粒子を捕集する捕集部材に対向配置されるとともに、前記粒子の通過を許容する通過部を有する可動部材と、その可動部材の運動を検出して同期信号を発生する同期信号発生手段と、その同期信号発生手段より同期信号を受信し、その同期信号に基づいてパルス状のレーザ光を発生するレーザ光

源と、

前記可動部材を挟んで前記捕集部材とは反対側に配置され、前記レーザ光源から発生されるレーザ光の照射により粒子を放出するターゲットと、

を備え、

前記可動部材の前記通過部が、前記ターゲットより前記捕集部材に至る粒子放出経路を横切る間に、所定速度範囲の放出粒子を前記通過部へ通過させることにより、前記放出粒子を前記捕集部材にて選択的に捕集するように構成されたことを特徴とするレーザアブレーション装置。

【請求項 8】 前記可動部材は、駆動源により回転駆動され、且つスリットが形成された回転板により構成され、

前記レーザ光源は、その回転板の回転に同期してレーザ光源よりパルス状のレーザ光を発生させ、前記回転板の回転により前記スリットが前記粒子放出経路を横切る間に、所定速度範囲の放出粒子を前記スリットへ通過させるように構成されたことを特徴とする請求項 7 に記載のレーザアブレーション装置。

**【発明の詳細な説明】**

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、レーザアブレーション方法及び装置に関し、特にレーザアブレーションによって生じる粗大粒子を低減させるようにしたものに關する。

【0002】

【従来の技術】従来より、レーザアブレーションによって生じる粗大粒子を低減するために種々の方法が提案されている。

【0003】例えば、特開平 7-180042 号公報や K. Kinoshita, et al., J. Appl. Phys. 33(1994)L417 (以下、Kinoshita らと称する)においては、ターゲットと基板との間にシールド板を設けて、成膜中に粗大粒子を取り除く方法が提案されている。

【0004】また、B. Holzapfel, et al., Appl. Phys. Lett. 61(1992)3178. (以下、Holzapfel と称する)において示されるように、レーザのブルームと平行に基板を置くいわゆる off-axial 法が従来より知られている。この方法は、クラスタなどの粗大粒子は基板と平行に飛行するので基板に付着しにくいのに対して、微細粒子はブラウン運動をするので基板に付着しやすいという原理を利用している。

【0005】一方、ターゲットからの粗大粒子の発生そのものを抑える方法もいくつか提案されている。例えば、特開平 10-36959 号公報には、レーザ光を照射中のターゲットを加熱し、粗大粒子の発生を抑えるようにした技術が開示されている。

【0006】また、レーザ研究、20(1992)355. (永石ら)には、ターゲットを高密度化することによって粗大

粒子の発生を抑制する方法が提案されている。

【0007】さらに、上述した各方法とは全く考えの異なる方法として、レーザ熱加工研究会誌、7(2000)107. (吉田ら)には、DMA(電気移動度分級法)を用いてナノ粒子を分級した後、堆積する方法が提案されている。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した各従来技術における方法には、以下のような種々の問題点がある。

【0009】すなわち、特開平7-180042号公報又はKinoshitaらに記載された方法では、粗大粒子を十分に排除することはできず、ターゲット-基板間をシールド板で遮蔽するため、基板への堆積速度が極端に遅くなるという問題がある。

【0010】また、off-axial法には、上述したシールド板を用いる方法と同様に、微細粒子の付着効率が悪く、速度の遅い粗大粒子を完全に除去できないという問題がある。

【0011】また、特開平10-36959号公報に記載された方法では、加熱したターゲットからの輻射熱で基板も同時に加熱されてしまい、堆積された膜の品質が劣化してしまうという問題がある。

【0012】また、永石らの方法には、ターゲットの種類が限定され、レーザの照射時間が長くなるとターゲット表面が荒れて粗大粒子が発生しやすくなるという問題がある。

【0013】また、DMA法には、途中に分級器を通すため、レーザアブレーションと成膜室とを別のチャンバにする必要があり、微細粒子の捕集効率が悪く、成膜までの処理に長時間を要するという問題があった。

【0014】本発明は、上述した問題点に鑑み、粗大粒子を除去するとともに微細粒子を確実に捕集することができるレーザアブレーション方法及び装置を提供することを解決すべき課題とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】この目的を達成するために、請求項1に記載のレーザアブレーション方法は、ターゲットにレーザ光を照射することにより粒子を捕集部材に向かって放出させるとともに、レーザ光照射後の所定期間内は前記放出粒子の前記捕集部材への到達を許容し、且つ前記所定期間外はその到達を阻止することにより、所定速度範囲の放出粒子を前記捕集部材にて選択的に捕集することを特徴とする。

【0016】粒子速度と粒子サイズとの間には相関関係があり、粒子サイズによってレーザ光発生から粒子の捕集部材への到達までに要する時間が異なるため、レーザ光発生後の所定期間内は前記放出粒子の前記捕集部材への通過を許容し、前記所定期間外は前記放出粒子の前記捕集部材への通過を阻止することにより、所定範囲の粒

子サイズの粒子のみを選択的に捕集することができる。

【0017】また、請求項2に記載のレーザアブレーション方法は、粒子を捕集する捕集部材に対向配置されるとともに、前記粒子の通過を許容する通過部を有する可動部材を駆動し、その可動部材の運動に同期してレーザ光源よりパルス状のレーザ光を発生させ、前記可動部材を挟んで前記捕集部材とは反対側に配置されたターゲットにレーザ光を照射して粒子を放出させ、前記可動部材の前記通過部が、前記ターゲットより前記捕集部材に至る粒子放出経路を横切る間に、所定速度範囲の放出粒子を前記通過部へ通過させることにより、前記放出粒子を前記捕集部材にて選択的に捕集することを特徴とする。

【0018】従って、粒子速度と粒子サイズの間には相関関係があるため、所定速度範囲で放出された粒子のみを可動部材の通過部へ通過させることにより、粒子サイズの揃った粒子を選択的に捕集することができる。よって、ターゲットから放出される低速な粗大粒子を除去して、高速な超微粒子のみを選択的に捕集し、捕集部材上に均一性が高く且つ平滑な面を有する高品質な薄膜を形成することができる。また、ターゲットの種類や温度に限定されることなく、レーザアブレーションと成膜とを同時に且つ短時間に行うことができる。

【0019】また、請求項3に記載のレーザアブレーション方法は、前記可動部材として、駆動源により回転駆動され、且つスリットが形成された回転板を用い、その回転板の回転に同期してレーザ光源よりパルス状のレーザ光を発生させ、前記回転板の回転により前記スリットが前記粒子放出経路を横切る間に、所定速度範囲の放出粒子を前記スリットへ通過させることを特徴とする。

【0020】従って、所定速度範囲で放出された粒子のみを回転板のスリットへ通過させることにより、確実に、粒子サイズの揃った粒子を選択的に捕集することができる。

【0021】また、請求項4に記載のレーザアブレーション方法は、捕集対象の粒子の大きさに応じて、前記レーザ光源におけるレーザ光発生と前記回転板における前記スリットの前記粒子放出経路の横断とのタイミングを設定したことを特徴とする。

【0022】従って、粒子サイズにより粒子速度が異なり、レーザ光発生から放出粒子が回転板に到達するまでの時間が異なるため、捕集対象の粒子サイズに応じて、前記レーザ光源におけるレーザ光発生と前記回転板における前記スリットの前記粒子放出経路横断とのタイミングを任意に設定することにより、所望サイズの粒子のみを選択的に捕集することができる。

【0023】また、請求項5に記載のレーザアブレーション方法は、前記レーザ光源におけるレーザ光発生と前記回転板における前記スリットの前記粒子放出経路の横断とを同期させたことを特徴とする。

【0024】従って、ターゲットから高速で放出される

超微粒子はレーザ光発生より極めて短時間の間に回転板に到達するため、前記レーザ光源におけるレーザ光発生と前記回転板における前記スリットの前記粒子放出経路横断とを同期させることにより、超微粒子のみを選択的に捕集することができる。

【0025】また、請求項6に記載のレーザアブレーション方法は、前記回転板のスリットへ粒径約100nm以下の超微粒子のみを選択的に通過させるように、前記レーザ光源におけるレーザ光発生と前記回転板における前記スリットの前記粒子放出経路の横断とのタイミングを設定したことを特徴とする。

【0026】従って、回転板のスリットへ粒径約100nm以下の超微粒子のみを選択的に通過させて捕集することにより、捕集部材上に粗大粒子の付着が無く、均一性が高く且つ平滑な面を有する高品質な薄膜を形成することができる。

【0027】また、請求項7に記載のレーザアブレーション装置は、駆動源により駆動され且つ粒子を捕集する捕集部材に対向配置されるとともに、前記粒子の通過を許容する通過部を有する可動部材と、その可動部材の運動を検出して同期信号を発生する同期信号発生手段と、その同期信号発生手段より同期信号を受信し、その同期信号に基づいてパルス状のレーザ光を発生するレーザ光源と、前記可動部材を挟んで前記捕集部材とは反対側に配置され、前記レーザ光源から発生されるレーザ光の照射により粒子を放出するターゲットと、を備え、前記可動部材の前記通過部が、前記ターゲットより前記捕集部材に至る粒子放出経路を横切る間に、所定速度範囲の放出粒子を前記通過部へ通過させることにより、前記放出粒子を前記捕集部材にて選択的に捕集するように構成されたことを特徴とする。

【0028】従って、通過部が形成された可動部材は駆動源により駆動され、同期信号発生手段は、その可動部材の運動を検出して同期信号を発生し、レーザ光源は、その同期信号発生手段より発生される同期信号に基づいてパルス状のレーザ光を発生する。そして、レーザ光がターゲットに照射されると捕集部材に向かって粒子が放出される。このとき、可動部材の運動により通過部がターゲットより捕集部材に至る粒子放出経路を横切る間に、ターゲットより所定速度範囲で放出された粒子を通過部へ通過させることにより粒子を選択的に捕集することができる。

【0029】すなわち、粒子速度と粒子サイズとの間には相関関係があるため、所定速度範囲で放出された粒子のみを通過部へ通過させることにより、粒子サイズの揃った粒子を選択的に捕集することができる。よって、簡単な構成で確実に、ターゲットから放出される低速な粗大粒子を除去して、高速な超微粒子のみを選択的に捕集し、捕集部材上に均一性が高く且つ平滑な面を有する高品質な薄膜を形成することができる。また、ターゲット

の種類や温度に限定されることなく、レーザアブレーションと成膜とを同時に且つ短時間に行うことができる。

【0030】また、請求項8に記載のレーザアブレーション装置は、前記可動部材が、駆動源により回転駆動され、且つスリットが形成された回転板により構成され、前記レーザ光源は、その回転板の回転に同期してレーザ光源よりパルス状のレーザ光を発生させ、前記回転板の回転により前記スリットが前記粒子放出経路を横切る間に、所定速度範囲の放出粒子を前記スリットへ通過させるように構成されたことを特徴とする。

【0031】従って、所定速度範囲で放出された粒子のみを回転板のスリットへ通過させることにより、簡単な構成で確実に、粒子サイズの揃った粒子を選択的に捕集することができる。

【0032】

【発明の実施の形態】以下、本発明を具体化したレーザアブレーション方法及び装置の一実施形態について図面を参照しつつ説明する。

【0033】まず、本実施形態におけるレーザアブレーション装置1の概略構成について、図1を参照しつつ説明する。

【0034】レーザアブレーション装置1は、レーザ光源2と、集光レンズ3と、真空容器4と、ターゲット5と、第1回転板6と、第2回転板7と、可変モータ8と、光スイッチ9と、トリガー回路10とから構成されている。尚、第1回転板6が本発明の可動部材を、可変モータ8が駆動源を、光スイッチ9及びトリガー回路10が同期信号発生手段をそれぞれ構成するものである。

【0035】レーザ光源2は、トリガー回路10から受信した同期信号に基づいてレーザパルス信号を生成することによりパルス状のレーザ光（以下、パルスレーザ光と称する）を発生する装置である。

【0036】集光レンズ3は、レーザ光源2から発生されたパルスレーザ光を真空容器4内に導くとともに、真空容器4内に配置されたターゲット5上にて集光する光学部材である。

【0037】真空容器4は、内部が真空中に保たれた容器であり、ターゲット5と、第1回転板6と、ターゲット5から放出される微粒子を付着又は堆積させる基板Sとが内部に配置される。真空容器4には、ガラス等の透明材料からなる窓部4aが設けられ、集光レンズ3により導かれたパルスレーザ光が真空容器4内に入射可能となっている。さらに、真空容器4には、レーザアブレーションの実行により発生したガスを排出するための排気口4bが設けられている。

【0038】ターゲット5は、微粒子の原料を供給する材料であり、例えば、シリコン等の半導体材料、金属材料、無機材料、有機材料等およびそれらの複合材料を用いることができる。ターゲット5は、真空容器4内においてレーザ光照射可能な位置であって、第1回転板6を

換んで基板Sの反対側に配置され、図示しないモータ等の駆動手段により回転駆動される。

【0039】第1回転板6は、図1及び図2に示すように、可変モータ8の回転軸8aに固定されて回転駆動される円盤状の部材であり、ターゲット5から放出される粒子を通過させるためのスリット6aが形成されている。第1回転板6は、真空容器4内にてターゲット5と基板Sとの間に設けられ、基板Sに対向するように配置されている。従って、ターゲット5より基板Sに至る粒子放出経路を遮る位置に第1回転板6が配置されており、第1回転板6の回転によりスリット6aが粒子放出経路を横切る間（つまり、スリット6aが基板Sに対向する位置を通過する間）のみ、放出粒子は基板Sへの到達を許容され、それ以外の場合、放出粒子の基板Sへの到達が阻止される。尚、第1回転板6各部の大きさは用途や各種条件に応じて設定されるが、例えば、スリット6aは直径10mm程度に、第1回転板6の回転中心からスリット6aの中心までの距離（回転半径）は50mm程度に設定することができる。ここで、スリット6aが本発明の通過部として機能するものであり、基板Sが粒子の捕集部材を構成するものである。

【0040】第2回転板7は、真空容器4の外部に配置され、可変モータ8の回転軸8aに固定されている。従って、第2回転板7は、回転軸8aを介して真空容器4内の第1回転板6と同軸的に繋がっており、第1回転板6とともに可変モータ8により回転駆動される。また、第2回転板7には光スイッチ9による回転検出用のスリット7aが形成されている。

【0041】可変モータ8は、真空容器4の外部に設けられ、軸方向に延びる回転軸8aに固定された第1と第2の回転板6、7を回転駆動する駆動源である。

【0042】光スイッチ9は、その一部が第2回転板7におけるスリット7aの周回部分を上側と下側とから臨む構造となっており、第2回転板7の回転に伴うスリット7aの通過を検出するとともに、その検出の度に光信号を伝送出力する装置である。スリット7aの通過を検出することにより、第2回転板7と同一の回転をする第1回転板6の回転数を検出することができる。

【0043】トリガー回路10は、光スイッチ9から伝送された光信号をレーザ光源2のレーザパルス信号（パルス数）と同期させる機能を有する回路であり、レーザ光源2に同期信号を出力する。

【0044】次に、上述した構成を有するレーザアブレーション装置1の作用について図1を参照しつつ説明する。

【0045】可変モータ8が回転すると、回転軸8a上に取付けられた第1回転板6及び第2回転板7が回転駆動される。光スイッチ9は、回転駆動される第2回転板7のスリット7aの通過を検出してトリガー回路10へ光信号を送出する。上述したように第2回転板7と第1

回転板6とは、同軸的に固定されているので第2回転板7の回転を検出することにより、第1回転板6の回転を検出することができる。トリガー回路10は、光スイッチ9からの光信号に基づいて同期信号をレーザ光源2に送出する。レーザ光源2は、トリガー回路10からの同期信号に基づいてレーザパルス信号を生成し、第1回転板6の回転に同期してパルスレーザ光を発生する。レーザ光源2から発生されたパルスレーザ光は、集光レンズ3により導かれて窓部4aより真空容器4内に入射され、ターゲット5表面に集光照射される。ターゲット5にはパルスレーザ光が照射されると、ターゲット5表面にはブルームが形成されて粒子が放出される。粒子の捕集部材としての基板Sは、ターゲット5から放出される粒子の放出経路上に配置されているため、粒子は基板Sに向かって飛散するが、ターゲット5と基板Sとの間に第1回転板6が設けられているので、回転駆動される第1回転板6の半径xのスリット6aが粒子放出経路を横切る間にスリット6aを通過した粒子のみが基板Sにて捕集されて基板S上に付着又は堆積する。

【0046】ここで、ターゲット5から放出される粒子の粒子サイズと平均粒子速度との関係について、図3を参照しつつ説明する。図3のグラフより、粒子サイズの大きい粗大粒子（デブリと称せられる）は平均粒子速度が遅く（粒子速度150m/s以下）、粒子サイズの小さい超微粒子（ナノ粒子と称せられる）は平均粒子速度が速いことがわかる。

【0047】本実施形態では、レーザ光源2におけるレーザ光の発生と第1回転板6におけるスリット6aの基板Sに対向する位置の通過（つまり、スリット6aによる粒子放出経路の横断）とのタイミングを任意に設定することにより、所定の粒子速度範囲内の粒子のみをスリット6aへ通過させて基板Sにて捕集することができる。そして、粒子サイズと粒子速度との間には上述した関係があるため、所定の粒子速度範囲内の粒子を捕集するように上記タイミングを設定することにより、粒子サイズの揃った粒子を選択的に捕集することができるのである。また、ターゲット5の種類や温度に限定されることなく、レーザアブレーションと成膜とを同時に且つ短時間に行うことができる。尚、上記タイミングは、粒径約100nm以下の超微粒子のみを選択的に通過させるように設定されるのが好ましい。

【0048】次に、レーザ光の発生とスリット6aの基板S対向位置の通過（つまり、スリット6aによる粒子放出経路の横断）とのタイミングの設定方法について、図2に示した第1回転板6の平面図を参照しつつ説明する。図2で、スリット角 $\theta$ は、基板Sにおける粒子捕集位置の中心を基準として、レーザ光発生時点におけるスリット6aの回転位置を角度で表したものである。よって、レーザ光の発生と、スリット6aの基板S対向位置の通過とが同期している場合にスリット角 $\theta=0$ 度とな

る(図2(a))。

【0049】そして、例えば、スリット角 $\theta=0$ 度に設定した場合には(図2(a))、レーザ光発生直後に回転板6に到達する粒子速度の速い超微粒子のみがスリット6aを通過するので、基板Sにて超微粒子を選択的に捕集し、付着又は堆積させることができる。この場合、粒子速度の遅い粗大粒子が回転板6に到達するのは、既にスリット6aが基板S対向位置を通過した後であるので、粗大粒子はスリット6aを通過することができず、粗大粒子を確実に除去することができる。

【0050】一方、スリット角 $\theta$ を増加させると、レーザ光発生時点から所定時間遅れてスリット6aが基板S対向位置を通過するので、粒子速度の速い超微粒子は回転板6によって通過を阻止され、粒子速度の遅い粗大粒子のみがスリット6aを通過し、基板Sにて粗大粒子が選択的に捕集されることになる。例えば、図2(b)は、スリット角 $\theta=30$ 度設定した場合のレーザ光発生時点におけるスリット6aと基板Sとの位置関係を表している。

【0051】尚、本発明は上述した各実施形態に限定されるものではなく、本発明の主旨を逸脱しない範囲で種々の変更を施すことが可能であることは言うまでもない。

【0052】例えば、前記実施形態では、スリットが形成された円盤状の第1回転板6を回転駆動し、放出粒子をスリット6aへ選択的に通過させる構成としたが、部材の形状や駆動方法はこれには限られない。例えば、矩形形状等の板状部材を所定のタイミングで往復動させる構成でも構わない。要するに、レーザ光照射後の所定期間内は放出粒子の基板Sへの到達を許容し、且つ所定期間外はその到達を阻止することにより所定速度範囲の放出粒子を選択的に捕集可能な構成であればよいのである。

【0053】また、前記実施形態では、第1回転板6のスリット6aを略円形状に形成したが、矩形形状等の他の形状に形成しても構わない。

【0054】

【実施例】次に、本実施形態のレーザアブレーション方法及び装置について、実際に実験を行った結果について説明する。

【0055】レーザ光源2としてYAGレーザ装置を用い、パルスYAGレーザの第2高調波(波長 $532\text{nm}$ )を、レーザ出力 $2\sim 5\text{W}$ (ビーム径 $3.5\text{mm}$ で $2.1\sim 5.2\text{J}/\text{cm}^2$ )、パルス数 $10\sim 50\text{Hz}$ として発生させた。レーザ光は、照射方向において真空容器4に入射される手前に設置された集光レンズ3でビーム径を絞り、真空容器4内に配置されたターゲット5

上でビーム径 $3.5\text{mm}$ に集光して照射した。ターゲット5にはシリコンウェーハを用い、所定の回転数( $20\sim 50\text{rpm}$ )でターゲット5を回転させながらレーザ光を照射してレーザアブレーションを行った。また、真空容器4内は拡散ポンプを用いて、真空度を約 $3\times 10^{-4}\text{Pa}$ 以下とした。

【0056】ターゲット5、第1回転板6、及び基板Sは、図4に示すように、互いに平行に対向するように配置した。第1回転板6及び第2回転板7の回転数を $3000\text{rpm}$ 、スリット6aの直径 $x$ を $10\text{mm}$ 、第1回転板6の中心からスリット6aの中心までの距離(スリット6aの回転半径 $r$ )を $50\text{mm}$ 、ターゲット5と第1回転板6との距離を $100\text{mm}$ 、レーザ光のパルス数を $50\text{Hz}$ とした。

【0057】ここで、上述した条件下において、スリット角度と粒子速度との関係は図5に示される関係となっていることが確認された。図5のグラフより、粒子速度の速い粒子(すなわち、超微粒子)は、スリット角 $\theta=0$ 度付近に集中していることがわかる。尚、グラフではそれぞれのスリット角における粒子速度の上限値と下限値とが示されている。

【0058】次に、スリット角 $\theta$ を、 $0$ 度(実施例)、 $30$ 度(比較例1)にそれぞれ設定した場合、及び第1回転板6を用いない場合(比較例2)において、レーザアブレーションの実験を行い、基板S表面の走査顕微鏡(以下、SEMと称する)写真の撮影及び基板S上に形成された膜の表面粗さの測定を行った(レーザ出力は $5\text{W}$ 、照射時間は5分である)。

【0059】図6の(a)は実施例、(b)は比較例1、(c)は比較例2においてそれぞれ得られた基板S表面のSEM写真である。スリット角 $\theta=0$ 度とした実施例では、粗大粒子の付着が無く、微粒子からなる均一な膜が形成されている(図6(a))。すなわち、実施例では、レーザ光源2におけるレーザ光の発生と第1回転板6におけるスリット6aの基板Sに対向する位置の通過とが同期しており、高速の超微粒子のみがスリット6aを通過し、基板S上に堆積するからである。これに対し、比較例1、2では粗大粒子が付着されていることが観察される(図6(b)、(c))。

【0060】表1は、実施例、比較例1、比較例2においてそれぞれ得られた基板Sについて、触針式表面粗さ計(Dektak)を用いて膜の表面粗さを測定した結果である。

【0061】

【表1】

表面粗さの比較			
	本発明	比較例1	比較例2
表面粗さR <sub>z</sub>	50Å以下	0.2-0.5μm	1μm以上

【0062】表1より、実施例により形成した膜の表面

粗さは $50\text{Å}$ 以下であって、比較例1、比較例2と比較



して極めて小さい値となっており、平滑な面が形成されていることがわかる。よって、本発明のレーザアブレーション方法が高品質な薄膜形成に有効であるといえることができる。

#### 【0063】

【発明の効果】以上述べたように本発明の請求項1乃至6のいずれかに記載のレーザアブレーション方法、又は請求項7又は8に記載のレーザアブレーション装置によれば、所定速度範囲で放出された粒子サイズの揃った粒子を選択的に捕集することができ、よって、ターゲットから放出される低速な粗大粒子を除去して、高速な超微粒子のみを選択的に捕集し、捕集部材上に均一性が高く且つ平滑な面を有する高品質な薄膜を形成することができるという効果を奏する。また、ターゲットの種類や温度に限定されることなく、レーザアブレーションと成膜とを同時に且つ短時間に行うことができるという効果をも奏する。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施形態におけるレーザアブレーション装置の全体構成を概略的に示す概略構成図であ

る。

【図2】 第1回転板の平面図であり、(a)はスリット角が0度の場合、(b)はスリット角が30度の場合をそれぞれ示している。

【図3】 粒子サイズと粒子速度との関係を示すグラフである。

【図4】 実施例におけるターゲットと第1回転板のスリットとの位置関係を示す説明図である。

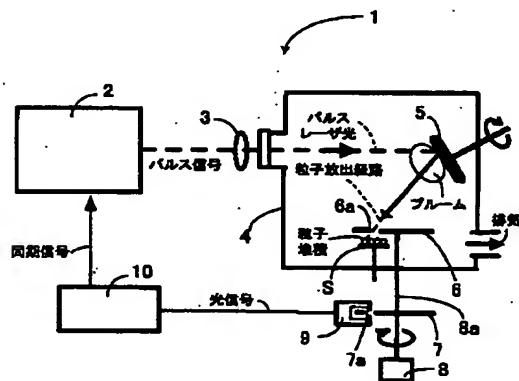
【図5】 実施例におけるスリット角度と粒子速度との関係を示すグラフである。

【図6】 基板表面のSEM写真であり、(a)は実施例、(b)は比較例1、(c)は比較例2における写真をそれぞれ示している。

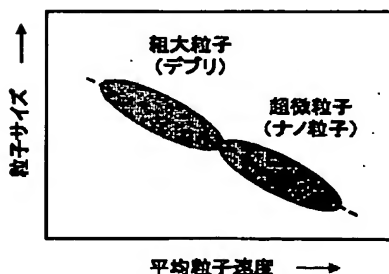
#### 【符号の説明】

1…レーザアブレーション装置、2…レーザ光源、3…集光レンズ、4…真空容器、5…ターゲット、6…第1回転板（可動部材、回転板）、6a…スリット（通過部）、7…第2回転板、8…可変モータ（駆動源）、9…光スイッチ（同期信号発生手段）、10…トリガー回路（同期信号発生手段）、S…基板（捕集部材）。

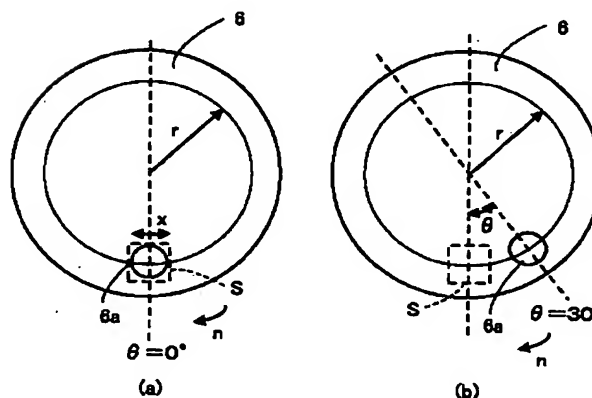
【図1】



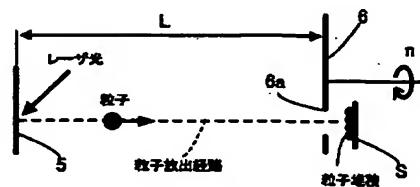
【図3】



【図2】

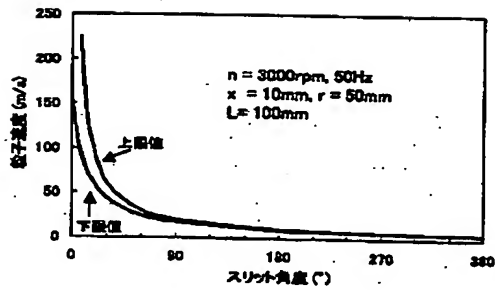


【図4】

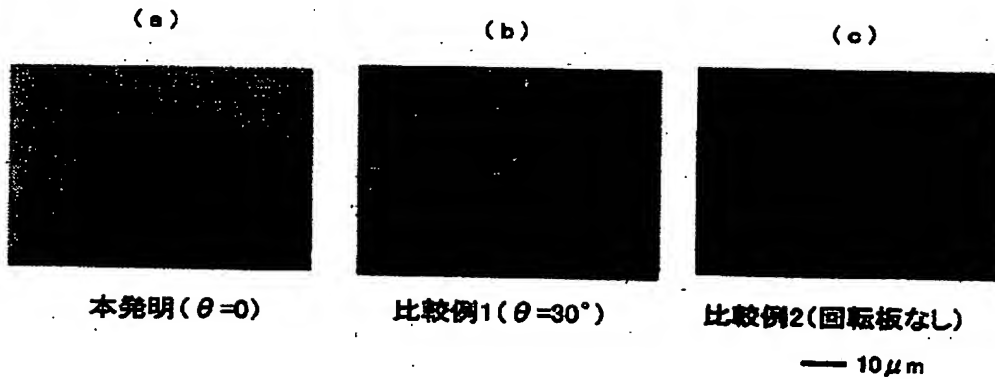




【図5】



【図6】



【手続補正書】

【提出日】平成14年5月9日(2002. 5. 9)

【補正方法】変更

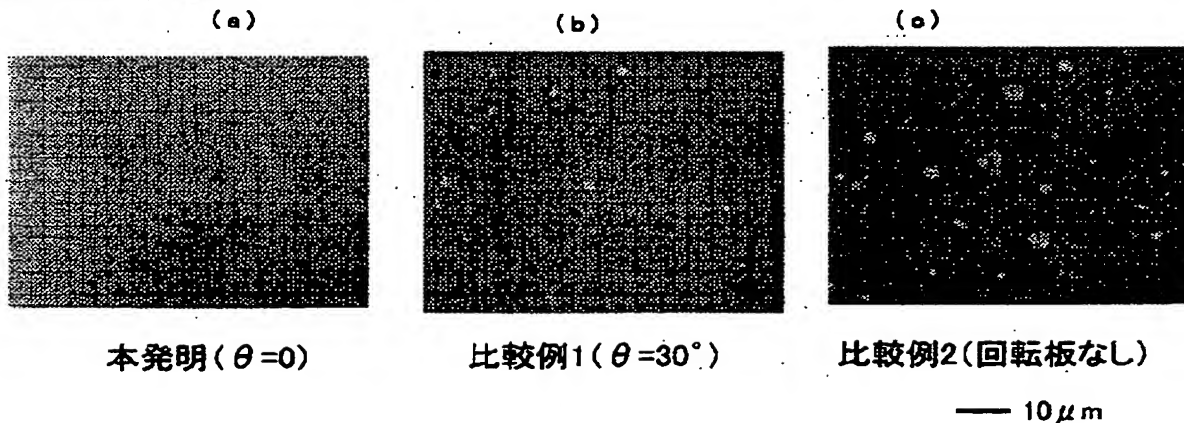
【手続補正1】

【補正内容】

【補正対象書類名】図面

【図6】

【補正対象項目名】図6



## フロントページの続き

(72)発明者 伊藤 忠

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内

(72)発明者 竹内 昭博

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内

(72)発明者 神谷 信雄

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番  
地の1 株式会社豊田中央研究所内

Fターム(参考) 4K029 DA12 DB20 EA00